

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní
Obor 23-07-8
strojírenská technologie
zaměření
strojírenská metalurgie
katedra materiálů a strojírenské metalurgie

VRUBOVÁ HOBŽEVNATOST OCELOVÝCH TĚLES OPATŘENÝCH TRANSFOR-
MAČNĚ ZPEVNĚNOU VRSTVOU LASEREM

KMM-220

Alexandr HAKEN

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vendula Štefanová

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: : 46
Počet tabulek : 6
Počet obrázků : 29
Počet příloh : -
Počet výkresů : -

Liberec 11. května 1987

strojní a textilní
Vysoká škola: v Liberci

Fakulta:

strojní

Katedra: materiálu a strojírenské
metallurgie

Školní rok:

1986/87

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Alexandr H A K E N

obor strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Vrubová houževnatost ocelových těles opatřených
transformačně zpevněnou vrstvou laserem

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou rychloohřevu kovů laserem
2. Navrhněte způsob tvorby laserované vrstvy na povrchu ocelových zkušebních těles po rázovou zkoušku vrub. houževnatosti.
3. Stanovte vrubovou houževnatost u oceli 12 040 zkušeb. těles bez vrstvy a s vrstvou podle navrženého způsobu včetně pásma přechodové teploty
4. Zhodnoťte výsledky.

V 153/87 S.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

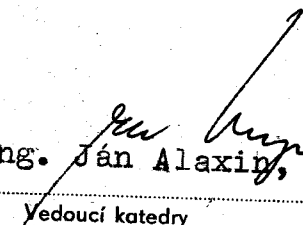
- /1/ VELES, P.: Mechanické vlastnosti a skúšanie kovov. SNTL Praha, 1985.
- /2/ RYKALIN, N.N. a kol-: Lazernaja i elektronolučevaja obrabotka materialov. Moskva, Mašinostr. 1985
- /3/ Výzkumné zprávy KMM
- /4/ Časopisecká literatura podle pokynů vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vendula Štefanová


Datum zadání diplomové práce: 15.9.1986

Termín odevzdání diplomové práce: 11.5.1987

L.S.


Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc

.....
Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc

.....
Děkan

Liberci

10.9.

86

v

.....
dne

19

PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 11. května 1987

Podpis:*Háček*.....

OBSAH

číslo kap.	název kap.	str.
0.	Použitá symbolika	4
1.	Úvod	5
2.	Teoretická část	6
2.1.	Fyzikální základy laseru a jeho použití ve strojírenství	6
2.1.1.	Podstata a vlastnosti laseru	6
2.1.2.	Části a rozdělení laseru	6
2.1.3.	Použití laseru ve strojírenství	7
2.1.4.	Rychloohřev kovů laserem a jeho ovlivňování	8
2.1.5.	Mechanismus přeměny energie záření v teplo	10
2.1.6.	Struktury oceli po tepelném zpracování laserem	10
2.1.7.	Výhody a nevýhody použití laseru	12
2.2.	Rázová zkouška v ohybu a její vyhodnocení	13
2.2.1.	Rozbor rázové zkoušky v ohybu	13
2.2.2.	Napěťové poměry ve zkušebním tělísku a využití energie rázu	14
2.2.3.	Vliv teploty na vrubovou houževnatost a charakter lomu	15
2.2.4.	Přechodová teplota a její vyhodnocení	17
2.2.5.	Způsob nanášení transformačně zpevněné vrstvy laserem	18
2.3.	Teorie lomů	20
2.3.1.	Vznik zárodků lomů	20
2.3.2.	Růst zárodků lomů a šíření trhlin	20
2.3.3.	Rozdělení lomů podle vzhledu lomové plochy	21

3.	Experimentální část	
3.1.	Výroba vzorků a jejich příprava pro měření	23
3.1.1.	Výroba vzorků pro ozáření laserem	23
3.1.2.	Příprava vzorků pro optickou mikroskopii	23
3.1.3.	Způsoby nanášení laserované vrstvy a volba teplot pro rázovou zkoušku v ohybu za snížených teplot	24
3.2.	Naměřené hodnoty a fotografie ploch	27
3.2.1.	Tabulky naměřených hodnot a grafické závislosti KCU-T	27
3.2.2.	Fotodekumentace lomových ploch	33
4.	Diskuse dosažených výsledků	43
5.	Závěr	45
6.	Seznam použité literatury	46

O. POUŽITÁ SYMBOLIKA

značka	význam	Dozměr
F	..... síla vyvozená Charpyho kladivem	N
g	..... tíhové zrychlení	m.s ⁻²
h ₁	..... výchozí poloha kladiva před kyvem	m
h ₂	..... konečná poloha kladiva po výkyvu	m
KCU	..... vrubová houževnatost	J.mm ⁻²
KU	..... nárazová práce	J
m	..... hmotnost kladiva	kg
P	..... výkon laseru	kW
q	..... plošný výkon laseru	W.cm ⁻²
S ₀	..... průřez vzorku v místě přeražení	mm ²
T	..... teplota	°C
T _p	..... přechodová /tranzitní/ teplota	°C
t	..... délka trvání impulsu	s
v	..... rychlost posuvu laserového paprsku	mm.min ⁻¹
±σ ₁	..... tahové resp. tlakové napětí podélné	Pa
σ ₂	..... tahové napětí příčné kolmé k ose vrubu	Pa
σ ₃	..... tahové napětí příčné ve směru osy vrubu	Pa

1. ÚVOD

Ve světové strojírenské výrobě je možno sledovat neustálé snahy o zvýšení produktivity práce a současně též snahy o maximální využití surovin a energie.

Ani oblast tepelného zpracování kovů a slitin není výjimkou, a to i z toho důvodu, že je velmi důležitou součástí strojírenské výroby. Protože tepelné zpracování je jak časově, tak i energeticky velmi náročné, hledají se různé cesty, které by tuto náročnost snížily. Jednou z možností je i využití laseru.

Přestože laserová technika je obor poměrně mladý, již dnes zasahuje laser velmi výrazně do nejrozmanitějších oborů lidské činnosti. Velký význam má rovněž ve strojírenské výrobě, a konkrétně i v oblasti tepelného zpracování. Laser umožnil přechod z objemového tepelného zpracování na tepelné zpracování lokálního charakteru. Tím se výrazně šetří čas i energie potřebná k této činnosti, a v neposlední řadě se výrazně zvyšuje kultura pracovního prostředí. Rovněž možnost pouze lokálního ohřevu má v mnoha případech své velké výhody.

Nevýhodou tepelného zpracování kovů a slitin laserem je vysoká pořizovací cena příslušného zařízení.

Tato diplomová práce se zabývá vlivem transformačně zpevněné vrstvy laserem na výsledky zkoušek vrubové houževnatosti u zkušebních vzorků z ocele ČSN 12 040 opatřených touto vrstvou.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Fyzikální základy laseru a jeho použití ve strojírenství.

2.1.1. Podstata a vlastnosti laseru.

Laser - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - je kvantový zdroj koherentního monochromatického záření, pracující s velkou energií na principu interakce mezi hmotou a zářením, v němž se využívá aktivního prostředí.

Světelná energie generovaná laserem má nepatrnou rozšířivost, koherenci a dobrou monochromaticnost. Laser může emitovat světlo, t.j. elektromagnetické vlnění, z oblasti spektra o vlnové délce 0,4 až 0,9 μm , polovodičové lasery až do 1,5 μm . Tato oblast elektromagnetického záření byla až do objevení laseru nevyužita.

2.1.2. Části a rozdělení laseru.

Vynucená, t.j. stimulovaná emise záření vzniká působením aktivních částic, např. fotonů, na aktivní prostředí. Podle charakteru tohoto aktivního prostředí je možno lasery rozdělit na:

- pevné lasery

- plynové lasery
- polovodičové lasery
- kapalinové lasery.

Podle způsobu vyzařování světelného paprsku se lasery dělí na :

- kontinuální lasery
- pulsní lasery.

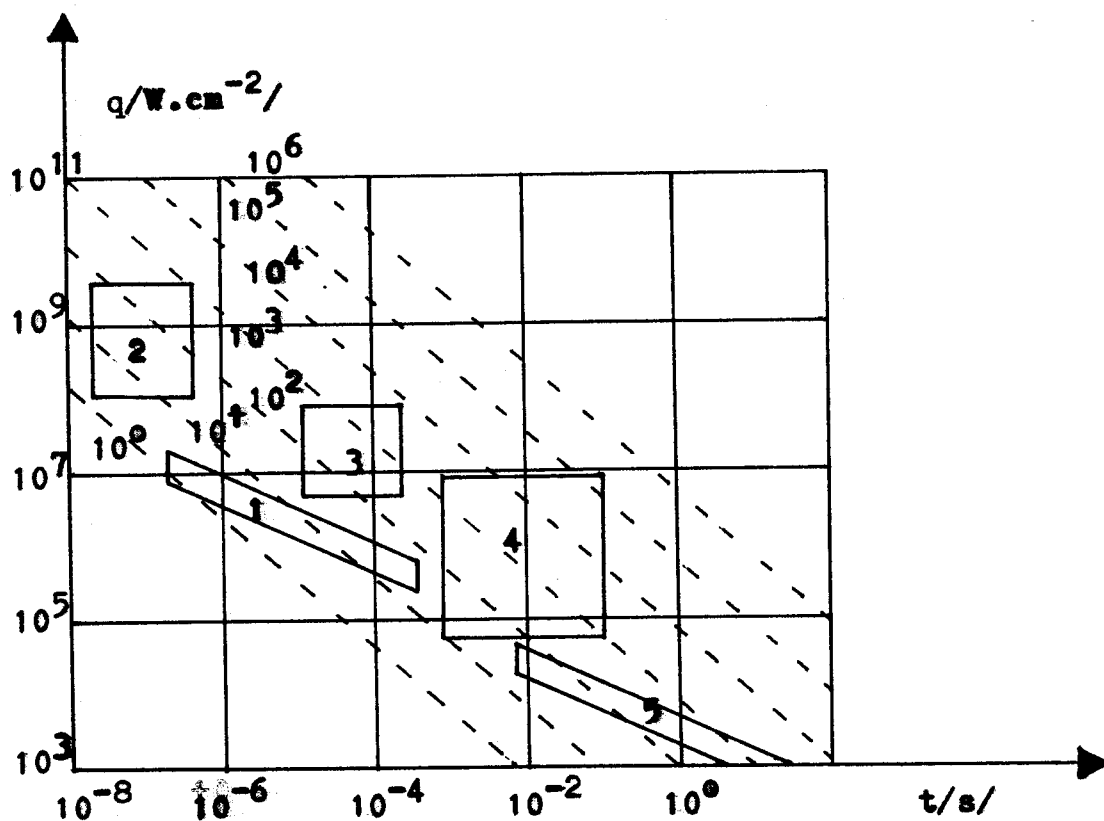
Každý laser má z hlediska konstrukčního tři základní části, a to budící zdroj, rezonanční systém a aktivní pro-

středí. Budicí systém přivádí atomy do nabuzeného stavu, rezonanční systém rozkmitává nabuzené atomy, a tím se prodlouží jejich dráha v aktivním prostředí.

2.1.3. Použití laseru ve strojírenství.

Ve strojírenství má laser v mnoha odvětvích velké využití. Jeho zavedení je ve většině případů spojeno se zvýšením produktivity, přesnosti, kvality opracování a kultury pracovního prostředí.

Podle množství přiváděného výkonu na jednotku plochy $q / W \cdot cm^{-2} /$ a délky působení impulsu $t / s /$ lze vymezit jednotlivé oblasti pro různé druhy technologií ve strojírenství /2/. Oblasti jsou zakresleny v obř. č. 1.



Obr. č. 1: Vymezení oblastí využití laseru.

Čárkovaně jsou vyznačeny konstantní měrné energie $/J \cdot cm^{-2} /$.

- 1 - vytváření amorfních vrstev /glazing/
- 2 - laserové zpracování šokem
- 3 - vrtání otvorů
- 4 - svařování
- 5 - zpevňování strukturálními změnami /povrchové kalení, tepelné zpracování ocelí laserem/

2.1.4. Rychloohřev kovů laserem a jeho ovlivňování.

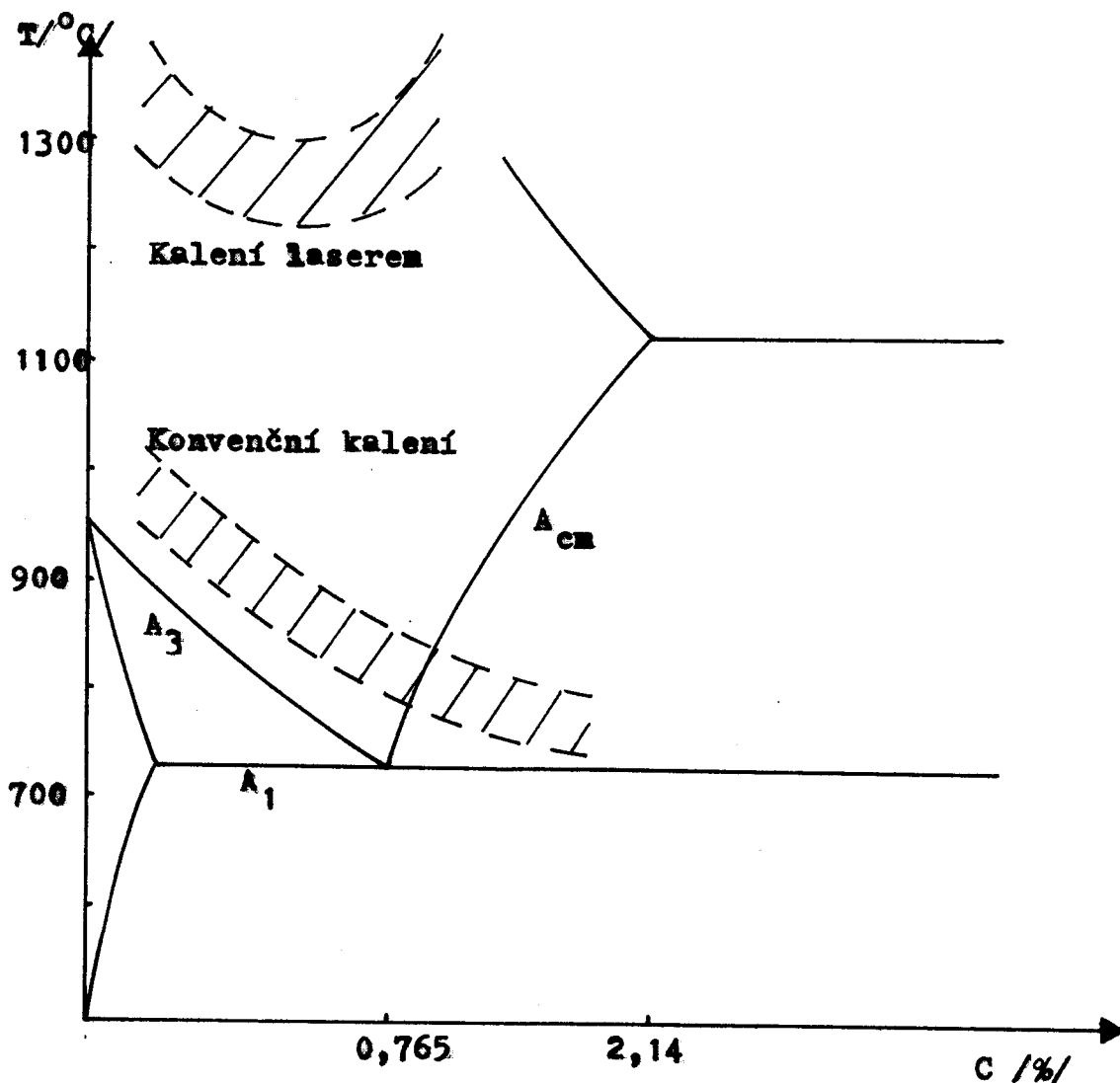
Cílem je dosáhnout transformačního zpevnění vybraných částí povrchu součásti. Rychloohřev probíhá v několika stádiích, v závislosti na intenzitě a délce působení laserového záření na materiál. Jednotlivá stádia jsou:

- přívod laserového záření k materiálu
- pohlcení světelného toku
- přeměna energie paprsku v teplo
- ohřev materiálu bez viditelného rozrušení
- roztavení materiálu
- vypařování a vyplavování produktů z roztaveného kovu
- vychladnutí materiálu po ukončení působení laseru

Míra průběhu těchto stádií závisí na chemickém složení i vlastnostech zpracovávaného materiálu a na parametrech laserového záření.

Je-li plošná hustota výkonu 10^3 až 10^4 W.cm⁻², vzniká ohřev materiálu bez jeho natavování nebo vypařování. Chceme-li totiž získat po každé martenzitickou strukturu, je třeba materiál zahřát v potřebné hloubce nad bod přeměny A₃ resp. A₁, aby v materiálu proběhla celková austenitizace. Přitom se ale nesmí překročit teplota tavení /3/. Hloubka zpevněné vrstvy je přímo úměrná výkonu laseru a rychlosti posuvu paprsku /1/.

Při konvenčním tavení se ohřívá 30 až 60°C nad čáru A_3 resp. A_1 . U laserového kalení leží kalící teploty o 300 až 400°C výše /obr. č. 2/. Následující ochlazení vede k velmi tvrdé martenzitické struktuře.



Obr. č. 2: Oblasti kalících teplot u konvenčního a laserového kalení.

Intenzita záření ve svazku paprsků je dána Gaussovým rozdělením, a proto největší hloubka zakalené vrstvy leží uprostřed stopy.

Transformační zpevnění materiálu ovlivňuje hlavně výkon dopadajícího paprsku a průměr dopadajícího svazku. Dále pak vlnová délka záření, rychlost posuvu paprsku, absorpce povr-

chu materiálu a možným povlakem na něm. Vlivem odrazu záření od povrchu dochází k velké ztrátě energie. Proto se povrchy součástí opatřují tmavými nátěry, které tuto odrazivost snižují. Je zde ale problém rovnoměrnosti nanesení nátěru, který má za následek nerovnoměrné hloubky zakalených vrstev materiálu, vlivem odlišné odrazivosti v různých místech materiálu.

Je nutné si uvědomit, že pro celeobjemový ohřev součásti je použití laseru neúčinné. Paprsek laseru ozařuje jen povrch materiálu a jeho infračervené záření je pohlcováno jen tenkou vrstvičkou materiálu, odkud se teprve odvádí do okolního materiálu. Rychlosti ohřevu i ochlazování jsou však velmi vysoké, takže odvod tepla do okolního materiálu je malý a můžeme tedy hovořit o lokálních ohřevech.

2.1.5. Mechanismus přeměny energie záření v teplo.

Interakce excitovaných elektronů v laserovém paprsku s krystalickou mřížkou a jinými elektrony má za následek zvýšení vnitřní energie materiálu v místě dopadu paprsku, a tím i vzrůst teploty v tomto místě. Tato přeměna pohlcené energie laserového záření v teplo, které pak materiál ozařuje, je téměř okamžitá, takže teplota materiálu v místě působení paprsku vzroste velmi rychle.

2.1.6. Struktury oceli po tepelném zpracování laserem.

V oblasti zasažené laserem nastává po skončení jeho působení prudké ochlazení, způsobené odvodem tepla do okolního materiálu, a to rychlostmi jen o řád nižšími než jsou rychlosti ohřevu. V této ozářené části materiálu můžeme najít několik vrstev /4/. Stopa po paprsku laseru má dvě zóny:

- centrální zónu, která vykazuje stopy po natavení
- periferní zónu, která je pouze tepelně ovlivněná.

Obecně má ovlivněná oblast čočkovitý tvar, a je v ní možno rozlišit čtyři vrstvy.

První vrstva /též se nazývá bílou vrstvou/ je charakteristická vysokou tvrdostí, která je až čtyřikrát větší než ocel ve výchozím stavu, dále pak sníženou leptatelností a vyšší odolností proti korozi. Tvrdost je asi 1,5 až 2 krát vyšší než u obyčejného kalení. Mikrostrukturu této bílé vrstvy tvoří martenzit a zřejmě i zbytkový austenit. Zhoršená leptatelnost je způsobena vysokým pnutím a faktem, že v krátkém časovém úseku nemohlo dojít k redistribuci atomů příměsí a poruch krystalické stavby podél hranic zrn nově vzniklé struktury. Vysoká tvrdost je způsobena značným stupněm přesycení tuhého roztoku α intersticiálními vlivem vysoké rychlosti ochlazování, zvýšenou hustotou vad krystalové mřížky a jemnou disperzní stavbou martenzitu.

Druhá přechodová vrstva leží pod bílou vrstvou. Má nižší tvrdost než první vrstva, ale lepší leptatelnost. Ve struktuře je opět martenzit, ale velikost jeho jehlic je 2 až 4 krát větší, než v bílé vrstvě. Tvrdost je srovnatelná s tvrdostí po konvenčním kalení. Rychlost ohřevu a ochlazení je nižší než u první vrstvy. Druhá vrstva leží mezi více ohřátou první a méně ohřátou třetí vrstvou, která nedovoluje rychlý odvod tepla z druhé oblasti. Proto se rychlost ochlazení blíží kritické rychlosti a nastává nedostatečně ostré kalení s následným samopopouštěním a soustředěním vnitřních napětí.

Třetí vrstva je zónou neúplného kalení. Struktura je tvořena martenzitem, troostitem a feritem. V místech původ-

ních perlitických zrn vzniká martenzit. Ferit zůstává na místě feritického síťoví výchozí struktury. Tato síť se vlivem tepelného a tlakového rázu rozpadá, ale krátká doba nestačí k úplnému rozpuštění zrn feritu. Troosit je rozložen mezi útvary martenzitu a lemuje i feritické částice. Tvrdost martenzitu je o něco vyšší a velikost žehlic menší než u druhé vrstvy. Tvrdost vrstvy je asi 1,5 krát vyšší než tvrdost výchozí struktury.

Čtvrtá vrstva se nachází v blízkosti oblasti neovlivněné ohřevem. Je neúplně zakalená, má sníženou leptatelnost a neobsahuje troosit. Je v ní zachováno feritické síťoví výchozí struktury. Vyznačuje se vyšší tvrdostí. Tvrdost martenzitu je způsobena nejvyšším odvodem tepla.

2.1.7. Výhody a nevýhody použití laseru.

Povrch součástí tepelně zpracovaných laserem má mnohdy tak dobré vlastnosti, že lze nahradit jakostní materiál materiálem horším, ale tepelně zpracovaným laserem. Takto zpracované povrchy jsou velmi tvrdé, otěruvzdorné a mají lepší chemickou stálost. Vrstvu lze vytvořit na libovolném místě povrchu podle potřeby. Zvyšuje se životnost součástí, šetří se energie a zkracuje čas tepelného zpracování. Paprsek laseru lze vést kanálem na větší vzdálenost, až k obrobku. Pohyb paprsku může být programově řízen v různých režimech a souřadnicích. Automatizací procesu lze efektivnost výroby ještě zvýšit.

Nevýhodou je velká pořizovací cena zařízení, jeho složitost, stoupající nároky na bezpečnost práce a obžehu, vysoká spotřeba inertních plynů, vliv odrazivosti materiálu, nehomogenita plošného ohřevu a jiné negativní efekty ke

kterým dochází v průběhu ohřevu.

Pro tvorbu vrstev s výrazně změněnými vlastnostmi při tepelném zpracování je však laser perspektivní.

2.2. Rázová zkouška v ohybu a její vyhodnocení.

2.2.1. Rozbor rázové zkoušky v ohybu.

Rázová zkouška v ohybu /za normálních teplot ČSN 42 0381/ patří mezi zkoušky dynamické. Zatěžující síla zde roste skokem. K porušení soudržnosti materiálu dochází najednou ve velmi malém časovém intervalu. Cílem této zkoušky je tedy určení vlastností materiálu při působení dynamických sil. To se vyjadřuje pomocí nárazové práce KU a vrubové houževnatosti materiálu KCU.

Nárazová práce se vypočítá podle vzorce:

$$KU = m \cdot g / h_1 - h_2 / \quad /J/$$

kde je: m hmotnost kladiva /kg/

g tíhové zrychlení / $m \cdot s^{-2}$ /

h_1 výchozí poloha kladiva /m/

h_2 konečná poloha kladiva po výkyvu /m/

Vrubová houževnatost se vypočítá podle vzorce:

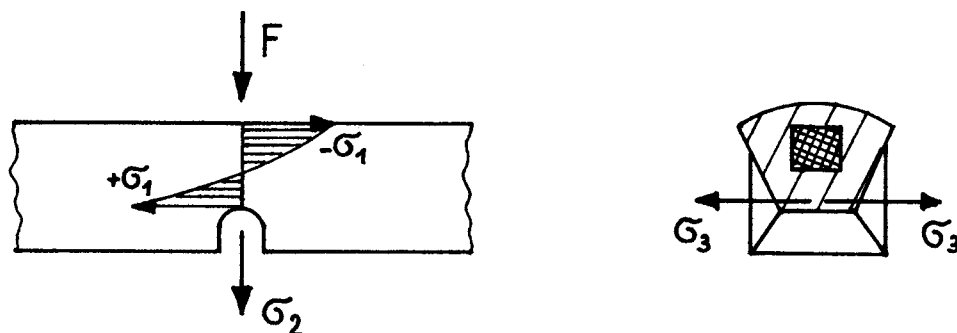
$$KCU = \frac{KU}{S_0} \quad /J \cdot mm^{-2}/ \quad /1/$$

kde je: S_0 výchozí průřez vzorku v místě přeražení / mm^2 /

Vrub na materiálu slouží ke koncentraci napětí do požadovaného místa zkušební vzorku, které je v místě s nejmenším průřezem, tzn. v místě vrubu.

2.2.2. Napěťové poměry ve zkušební tělísku a využití energie rázu.

Při úderu Charpyho kladiva vzniká oblast složité prostorové napjatosti podle obr. č. 3 /5/, /7/.



Obr. č. 3: Rozložení napětí ve zkušební tyčce.

U kořene vrubu ve směru podélném vzniká maximální tahové napětí $+\sigma_1$, na straně proti vrubu pak maximální tlakové napětí $-\sigma_1$. σ_2 je tahové napětí příčné ve směru kolném k ose vrubu. σ_3 je příčné tahové napětí ve směru osy vrubu.

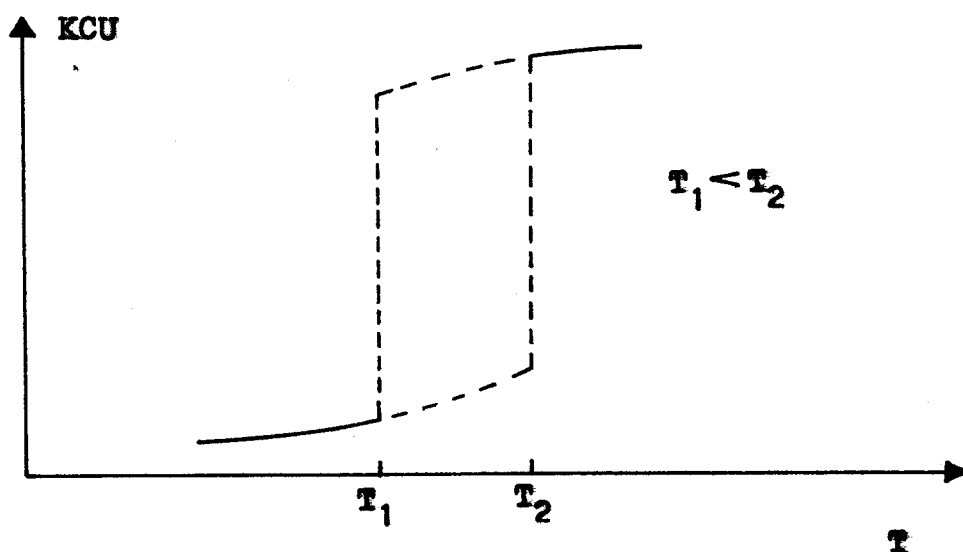
Z uvedeného rozboru vyplývá, že v oblasti tahových napětí $+\sigma_1$ dochází ke zúžení zkušební tyčinky, a v oblasti tlakových napětí $-\sigma_1$ se zkušební tyčinka naopak rozšiřuje. V určité oblasti vzepku se nachází neutrální oblast, kde původní šířka zůstává zachována. Rozdíl mezi zúžením a rozšířením zkušební tyčky není vždy stejný. Je ovlivněn rychlostí zatěžování, stavem napjatosti, ale v běžné praxi nejvíce teplotou. Tahová i tlaková deformace může někdy skoro vymizet, takže zůstává téměř zachován původní tvar průřezu. Zda

se plastické deformace objeví či nikoliv, záleží na tom, zda lom bude mít houževnatý nebo křehký charakter.

Samotné přeražení tyčinky probíhá tak, že nejprve dochází k ohybu, a v jeho určité fázi dojde k náhlému zlomení. Z toho plyne, že část energie rázu se spotřebovává na prvotní pružné deformace. Podstatná část energie se však využije na plastické ohnutí tyčky a na přemožení koheze při zlomení. Zbytek energie se využije na překonání různých odporů.

2.2.3. Vliv teploty na vrubovou houževnatost a charakter lomu.

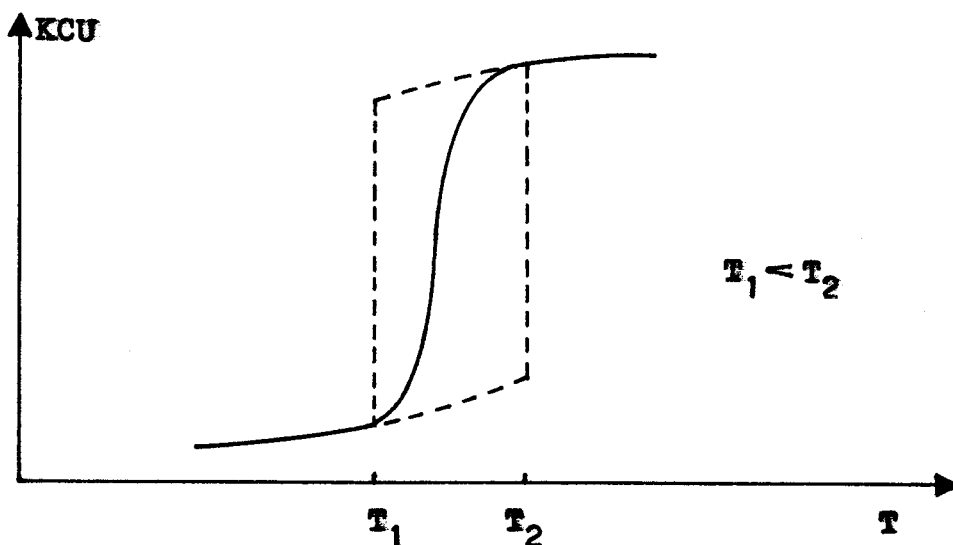
Vliv teploty na hodnoty vrubové houževnatosti a nárazové práce se sleduje pomocí rázové zkoušky v ohybu za snížených teplot /ČSN 42 0382/. Při těchto zkouškách lze sledovat, že houževnatost materiálu s klesající teplotou výrazně klesá, v určitém teplotním intervalu. Tento pokles je náhlý a mává i značně rozptýlené výsledky /obr. č. 4/. Oblast rozptýlených výsledků je přechodové pásmo.



Obr. č. 4: Průběh poklesu vrubové houževnatosti a oblast přechodového pásma.

Nad teplotou T_2 jsou výsledky vrubové houževnatosti u zkoušek poměrně vyrovnané, mají malý rozptyl, a jsou na vysoké hodnotě. Pod teplotou T_1 jsou výsledky zkoušek také poměrně vyrovnané, ale hodnoty vrubové houževnatosti jsou nižší. Mezi teplotami T_1 a T_2 vzniká oblast, kde jsou výsledky zkoušek velmi nepravidelné /6/. Tato oblast je vyznačena na obr. č. 4 čárkovanou čarou.

Oblast mezi teplotami T_1 a T_2 se však v praxi nahrazuje křivkou. Vznikne přibližná spojnice výsledků vrubové houževnatosti u jednotlivých zkušebních tyček, která má s klesající teplotou sestupnou tendenci /obr. č. 5/.



Obr. č. 5: Nahrazení přechodové oblasti přechodovou křivkou.

Tímto nahrazením získáme z přechodového pásma přechodovou křivku.

Také charakter lomové plochy se s klesající teplotou mění. Vlivem plastického přetvoření na obvodu tyčky se tato obvodová část s jemným lomem zpevňuje. Zpevněná oblast se s klesající teplotou zmenšuje, ale zvětšuje se vnitřní část.

lomové plochy s křehkým charakterem lomu. Další pokles teploty způsobí, že prakticky celý lom má křehký charakter, jen nepatrná obvodová část je tvářená a její lom vykazuje houževnatý charakter.

Nad teplotou T_2 jsou tedy lomy houževnaté vykazující určité plastické přetvoření, a pod teplotou T_1 jsou lomy křehké, které toto plastické přetvoření téměř nemají. Oblast mezi teplotami T_1 a T_2 je oblast přechodu z houževnatého ke křehkému lomu, a lomy zde mají smíšený charakter,

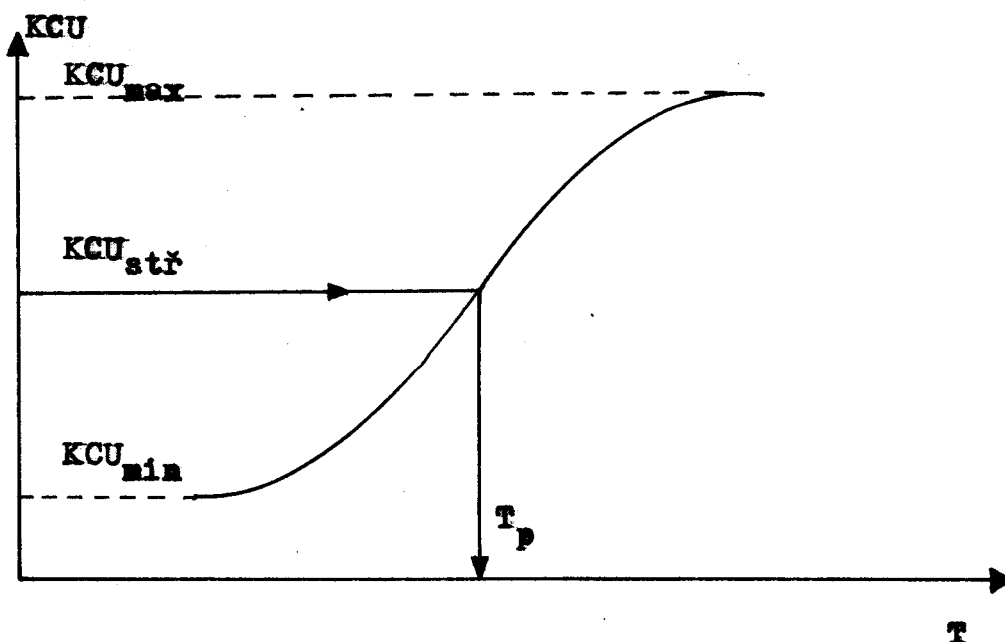
2.2.4. Přechodová teplota a její vyhodnocení.

Teplota přechodu T_p z houževnatého do křehkého stavu je důležitou veličinou při sledování odolnosti materiálu proti rázovému namáhání a víceosé napjatosti. Je zároveň důležitým ukazatelem některých strukturních změn a metalurgického technologického zpracování.

Při přechodové resp. tranzitní teplotě nastává prudký pokles meze pevnosti a plastičnosti, a začíná se měnit způsob porušení z houževnatého na křehký. Přechodová teplota je praktickým výsledkem rázové zkoušky v ohybu za snížených teplot.

Teplota přechodu se může určovat jako inflexní bod přechodové křivky, nebo z maximální a minimální hodnoty vrubové houževnatosti.

Vzhledem k velkému rozptylu výsledků vrubové houževnatosti v přechodovém pásmu, které jsem v praktické části předpokládal, není možno inflexní bod přesně stanovit. Proto jsem se rozhodl používat pro zjištění přechodové teploty maximální a minimální hodnoty vrubové houževnatosti /obr. č. 6/.



Obr. č. 6: Zjišťování přechodové teploty /7/.

Při přechodové teplotě T_p je velikost vrubové houževnatosti rovna hodnotě $KCU_{stř}$, která se vypočítá podle vzorce:

$$KCU_{stř} = \frac{KCU_{max} + KCU_{min}}{2} \quad /J \cdot mm^{-2}/ \quad /2/$$

Odečtením hodnoty T_p při $KCU_{stř}$ z příslušného grafu je přechodová teplota určena.

2.2.5. Způsob nanášení transformačně zpevněné vrstvy laserem.

Vrubová houževnatost a přechodová teplota jsou ovlivněny odchylkami v chemickém složení materiálu, čistotou, velikostí zrna a v našem případě i tepelným zpracováním laserem.

Největší koncentrace napětí je v oblasti na dně vrubu. V této oblasti rovněž začíná porušování soudržnosti materiálu. Z obr. č. 3 plyne, že rovněž na straně proti vrubu je

soumředěno maximální napětí, a to tlakové.

Z předešlých rozborů vyplývá, že na hodnoty vrubové houževnatosti bude mít vliv rychlost nanesení a umístění transformačně zpevněné vrstvy laserem, a teplota tyčinky v okamžiku přeražení. Vliv rychlosti nanesení transformačně zpevněné vrstvy budu sledovat na tyčinkách opatřených touto vrstvou na straně proti vrubu různými rychlostmi nanášení vrstvy.

Největší vliv na vrubovou houževnatost bude pravděpodobně mít umístění transformačně zpevněné vrstvy na dno vrubu.

Pro všechny rychlosti nanášení vrstvy a pro oba případy umístění vrstvy /proti vrubu a na dně vrubu/ budu zjišťovat přechodovou teplotu. Vliv umístění transformačně zpevněných vrstev laserem na hodnoty vrubové houževnatosti budu sledovat na tyčinkách opatřených vrstvou při určité rychlosti posuvu paprsku. Zvolil jsem tyto kombinace nanášení:

- a/ strana proti vrubu
- b/ vnitřní strana vrubu
- c/ jedna strana kolmá na osu vrubu
- d/ obě strany kolmé na osu vrubu
- e/ strana proti vrubu i vnitřní strana vrubu.

Protože k přeražení tyčky dojde v místě vrubu, nemusí být transformačně zpevněná vrstva nanesena až do konců vzorků.

Šířka stopy, kterou je laser schopen obsáhnout je 5 až 7 mm. Proto jsem nezvolil základní rozměr zkušební tyčinky ČSN 42 0381 - 10x10xU3, ale podle ČSN povolenou alternativu